

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-080333

(43)Date of publication of application : 28.03.1997

(51)Int.Cl.

G02B 26/10

(21)Application number : 07-236921

(71)Applicant : KONICA CORP

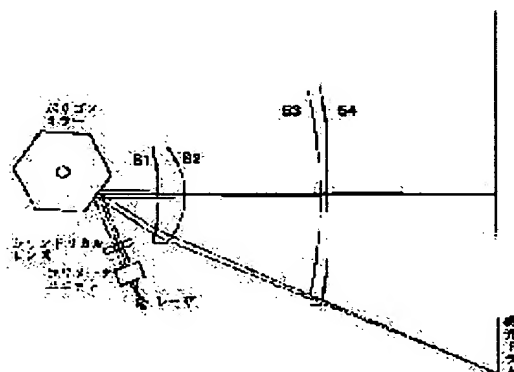
(22)Date of filing : 14.09.1995

(72)Inventor : KOBAYASHI MASAYA

**(54) SCANNING OPTICAL SYSTEM****(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a scanning optical system of a laser optical system which prevents black stripes from being formed by nearly maximizing the transmissivity in the periphery of the optical axis and decreasing the transmissivity in a scanning direction with the increase of the distance from the optical axis.

**SOLUTION:** In the optical system which deflects luminous flux emitted by a light source by a deflector through an incidence optical system and images the luminous flux on a scanned medium through a scanning optical system, the incidence optical system is provided with an intensity distribution altering means which nearly maximizes the transmissivity in the periphery of the optical axis and decreases the transmissivity in the scanning direction with the increase of the distance from the optical axis. This intensity distribution altering means needs only to change luminous flux having a uniform light quantity distribution into luminous flux having a specific amplitude distribution without any phase distribution variation when the luminous flux passes through it and can be composed of an intensity distribution altering filter or a coat film of an optical element. When the filter is used as the intensity distribution altering means, it may be united with a slit.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-80333

(43) 公開日 平成9年(1997)3月28日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 2 B 26/10

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 2 B 26/10

技術表示箇所

D

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願平7-236921

(22) 出願日 平成7年(1995)9月14日

(71) 出願人 000001270

コニカ株式会社

東京都新宿区西新宿1丁目26番2号

(72) 発明者 小林 雅也

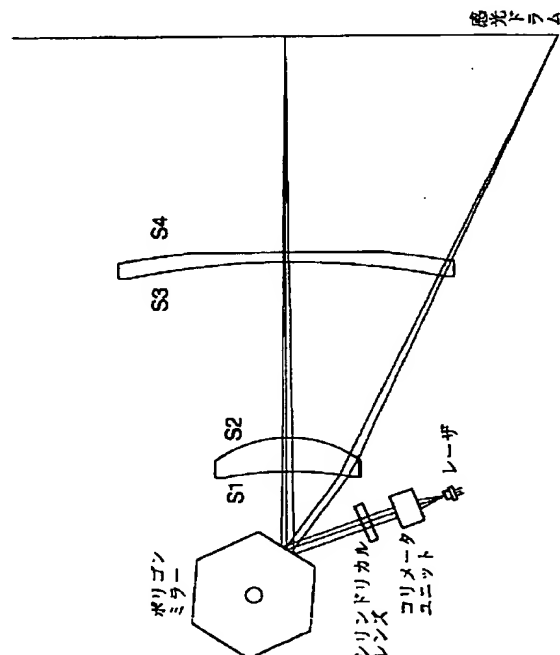
東京都八王子市石川町2970番地コニカ株式会社内

(54) 【発明の名称】 走査光学系

(57) 【要約】

【目的】 黒筋の発生を防止するレーザ光学系の走査光学系を提供する。

【構成】 光源から発する光束が入射光学系を介して偏向器で偏向され、走査光学系を介して被走査媒体に結像する光学系において、透過率が光軸周辺ではほぼ1番大きく、走査方向に光軸から離れるに従い、透過率が小さくなるような強度分布変更手段を入射光学系に備える。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光源から発する光束が入射光学系を介して偏向器で偏向され、走査光学系を介して被走査媒体に結像する光学系において、透過率が光軸周辺ではほぼ1番大きく、走査方向に光軸から離れるに従い、透過率が小さくなるような強度分布変更手段を入射光学系に備えていることを特徴とする走査光学系。

【請求項2】 前記強度分布変更手段が強度分布変更フィルタであることを特徴とする請求項1記載の走査光学系。

【請求項3】 前記強度分布変更手段が入射光学系内の光学素子のコート膜であることを特徴とする請求項1記載の走査光学系。

【請求項4】 前記強度分布変更手段の透過率分布は走査方向にのみ存在し、副走査方向については透過率分布が均一であることを特徴とする請求項1、2又は3記載の走査光学系。

【請求項5】 前記強度分布変更手段に入射する有効光束の走査方向の端部に相当する振幅透過率を $T_{max}$ として、光軸周辺での振幅透過率を $T_0$ とすると以下の関係を満たす強度分布変更手段を設定したことを特徴とする請求項1記載の走査光学系。

$$T_{max}/T_0 \leq 0.3$$

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、レーザ光源を備えたレーザ光学系に係わり、特にレーザプリンタ、デジタル複写機等に使用されるレーザ光学系による走査光学系に関する。

## 【0002】

【従来の技術】レーザプリンタ、レーザFAX、デジタル複写機等の普及に伴い、走査光学系はますます安価でしかもコンパクト、高性能なものが要求されつつある。そのため、最近ではレーザプリンタ等の走査光学系においても、レンズ枚数を減らし、又コンパクト化のために非球面レンズが多用されるが、この非球面レンズを安価に得るためにプラスチックレンズの利用が不可欠になっている。

【0003】しかし、プラスチックレンズは樹脂成形用金型により製造されるため、金型の加工精度が非常に重要で、超高精度な加工精度が要求され、又成形技術も高度なものが要求されている。レーザ光学系による走査光学系に使用されるプラスチックレンズも、同様に非常に高精度なものが要求されているが、必ずしも満足のものも提供されてはいなかった。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、最近レーザプリンタ等のさらなる高解像度化、高濃度階調化に伴い走査光学系への性能向上の要求はさらに厳しくなりつつある。

2

【0005】例えば、図1のような走査光学系において、S4面が1部に図2(a)のようなPV0.05 $\mu$ m以上PV0.1 $\mu$ m以下の部分的なうねりが主走査方向に存在するタイプAのような金型面であると、印字結果において、ハーフトーン印字の時だけ、うねりに対応する部分に副走査方向の黒筋が発生する場合がある。又、図2(a)の面とは違い同じ位置で、図2(b)のようなうねりの少ない形状パターンのタイプBの金型面であると、あまり黒筋は発生しない。

10 【0006】又このとき、前記面上のうねりに対応する像面でのビーム径をみると、印字における黒筋と対応をとることができる。一般的な走査光学系のビーム径評価法は、図3のように像面におけるビーム強度分布（以後ビームプロファイルと言う）に対して、最大強度に対して $1/e^2$ （13.5%）の強度における径（以後クリップレベル13.5%と言う）を測定しているが、通常これは解像度評価として用いており、印字黒筋の状態を顕著に表すことは難しい。

20 【0007】しかし図3のように、ビームプロファイルにおいてクリップレベルを13.5%より下げて測定を行うと、印字における黒筋に対応することができる。

【0008】前記タイプA、タイプBについて図2(a)、(b)に相当する像高（+85mmから+125mm）に対して像高1mmピッチ、クリップレベル4%、6%、8%、10%、13.5%で測定した結果を図4～7に示す。

【0009】ここで図4、5は各々、面がタイプAの時の、主走査、副走査測定結果、図6、7は各々、面がタイプBの時の、主走査、副走査の結果である。

30 【0010】主走査方向のタイプA、タイプBのビーム径測定結果、図4、6を比較すると、クリップレベル13.5%のビーム径については、あまり大きな変化は見られないが、クリップレベル4%から8%で見るとタイプAのビーム径は大きく変動して、それに比べてタイプBの変動は少ない。

40 【0011】これは、面のうねりの測定結果（図2(a)、(b)）とまた印字結果と対応が取れている。また、副走査方向については、図5、7を見て分かる様にクリップレベルを下げて大きなビーム径変化は見られない。

【0012】以上の結果から、印字における黒筋は面の部分的なうねりが像面における主走査方向のビームプロファイルに影響を及ぼし、その微妙なビーム形状の変化が黒筋の要因となっていることが予想される。

50 【0013】このため、さらに部分的なうねりをPV0.05 $\mu$ m以内に押さえるように加工技術の高精度化を計らなければならないが、この場合加工機の限界の領域となり、少なくとも10nm以内の精度の加工機が必要となる。又今後、さらに高階調の感光体の開発が見込まれ、さらに要求精度は厳しくなってくる可能性があ

3

り、プラスチックレンズで要求精度を満たすには限界であった。

【0014】本発明は、前記課題を解決するためになされたものである。即ち、このような状況において、本発明は黒筋の発生を防止するレーザ光学系の走査光学系を提供することを目的としたものである。

【0015】

【課題を解決するための手段】前記目的は、下記構成を採ることによって達成される。

【0016】(1) 光源から発する光束が入射光学系を介して偏向器で偏向され、走査光学系を介して被走査媒体に結像する光学系において、透過率が光軸周辺ではほぼ1番大きく、走査方向に光軸から離れるに従い、透過率が小さくなるような強度分布変更手段を入射光学系に備えていることを特徴とする走査光学系。

【0017】(2) 前記強度分布変更手段が強度分布変更フィルタであることを特徴とする前記(1)記載の走査光学系。

【0018】(3) 前記強度分布変更手段が入射光学系内の光学素子のコート膜であることを特徴とする前記(1)記載の走査光学系。

【0019】(4) 前記強度分布変更手段の透過率分布は走査方向にのみ存在し、副走査方向については透過率分布が均一であることを特徴とする前記(1)、(2)又は(3)記載の走査光学系。

【0020】(5) 前記強度分布変更手段に入射する有効光束の走査方向の端部に相当する振幅透過率を $T_{max}$ として、光軸周辺での振幅透過率を $T_o$ とすると、 $T_{max}/T_o \leq 0.3$ の関係を満たす強度分布変更手段を設定したことを特徴とする前記(1)記載の走査光学系。

【0021】

【作用】請求項1に係わる作用は、均一な光量分布の光が入射すると、像面においてビームプロファイル形状はサイドローブが無収差の状態でも、ある程度の強度で発生する。このため、残留収差が残って、しかも光束がうねりの存在する屈折媒体(レンズ)を通ると、うねりの位相の変化に応じてコマ収差が変動して、サイドローブの強度が変動する。これが黒筋の原因となる。

【0022】そこで、光軸周辺の強度が最大で光軸からはなれるに従い、強度が小さくなる光が入射すると、無収差の状態ではビームプロファイルサイドローブは小さくなる。このため、ある程度の残留収差が存在してうねりが存在しても、黒筋発生に対して許容できる屈折媒体の面のうねりのPV値を大きくできる。

【0023】又黒筋の発生は、走査方向の屈折媒体のうねりによる影響によることが大きいことが実験的に分かっている。

【0024】以上のことから、透過率が光軸周辺ではほぼ1番大きく、走査方向に光軸から離れるに従い、透

4

率が小さくなるような強度分布変更手段を用いることは有効である。

【0025】請求項2に係わる作用は、強度分布変更手段が強度分布変更フィルタであると、配置も容易で光学系も簡単にできる。

【0026】請求項3に係わる作用は、入射光学系内の光学素子のコート膜を前記強度分布変更手段とすることにより、部品点数を増やさずにすみ、コスト的メリットが大きい。

【0027】請求項4に係わる作用は、走査方向にのみ透過率分布をつけることにより、よりコストダウンとなる。

【0028】請求項5に係わる作用は、 $T_{max}/T_o \leq 0.3$ とすることにより、ビームプロファイルにおけるサイドローブがより小さくなり、多様な感光体にも対処でき、光学系内の残留収差及び屈折媒体に微小なうねりのPV値に対しても黒筋発生に対する許容幅が大きくなる。

【0029】

【実施例】以下に実施例を示す。先ず、実施例の効果を説明するために用いた強度分布変更手段の検証法(シミュレーション法)について説明する。

【0030】\*検証法

検証法としては、走査光学系を簡単なモデルにおきかえ、ビームプロファイル(PSF:点像分布関数)を算出する。

【0031】以下にその手法を説明する。

【0032】(1) PSF(ビームプロファイル)の算出法

実際に光学面の部分的なうねりがビームプロファイルにどのように影響するか解析するため簡単なモデルを考えた。このモデルを図8に示す。

【0033】これは走査レンズの主走査方向について想定し、そのパワーを集約した理想レンズLと、このレンズと像面の間に配設される厚さが極めて薄い、連続的な正弦波を想定した面のうねりを想定した、位相媒体を置いた2次元モデルである。

【0034】尚、副走査方向については図5、図7の結果からみてわかるように、印字時において黒筋発生にほとんど影響を及ぼさないため、考慮にいない。また、レンズの直前には幅2Dのスリットがあり、そのスリットを通るビームはレーザを想定してガウス分布の強度分布を持つ平行光が入射する。また、この入射光にはコリメータからの射出光の収差や走査光学系内で設計値として存在する収差をまとめた波面収差を想定している。

【0035】このときのスリットの座標系を $x_i$ 、位相媒体の座標系を $x_o$ 、像面の座標系を $x_f$ とする。また、ガウシアンビームの振幅分布を $G(x_i)$ 、スリットの窓関数を $\Pi(x_i/D)$ 、スリットにおける波面収差を $W_e(x_i)$ 、位相媒体による振幅分布変化を $U_p(x_o)$

とすると像面 I における振幅分布  $U_f(x_f)$  は  
【0036】

【数1】

$$U_f(x_f) = \frac{A \exp\left[j \frac{k}{2d} x_f^2\right] f}{j\lambda d} \cdot \int_{-\infty}^{\infty} \tilde{U}_p(x_0) P(x_1) \exp\left[-j \frac{2\pi}{\lambda d} x_0 x_f\right] dx_0 \quad \dots (1)$$

【0037】という形で表される。ここで

表す。

【0038】

10 【0040】

【数2】

【数3】

$$\Pi\left(\frac{x_1}{D}\right) = \begin{cases} 1 & (-D \leq x_1 \leq D) \\ 0 & (\text{それ以外}) \end{cases}$$

( $j = \sqrt{-1}$ )

【0039】ここで、 $f$  はレンズ L の焦点距離、 $\lambda$  は波長、 $k = 2\pi/\lambda$ 、 $d$  は位相媒体から像面までの距離を

【0041】また、 $P(x_1)$  は瞳関数を想定できるが、ここでは  $x_1$  座標での振幅分布で

【0042】

【数4】

$$P(x_1) = G(x_1) \cdot \Pi\left(\frac{x_1}{D}\right) \cdot \exp[j(2\pi/\lambda) \cdot W_E(x_1)] \quad \dots (2)$$

【0043】で表すことができる。また

【数5】

【0044】

20

$$x_1 = \frac{f}{d} x_0 \quad \dots (3)$$

【0045】となるので (1) 式は次の様に置き換えることができる。

【0046】

【数6】

$$U_f(x_f) = \frac{A \exp\left[j \frac{k}{2d} x_f^2\right] f}{j\lambda d} \cdot \int_{-\infty}^{\infty} \tilde{U}_p(x_0) G\left(\frac{f}{d} x_0\right) \cdot \Pi\left(\frac{f}{d} \frac{x_0}{D}\right) \cdot \exp\left[j(2\pi/\lambda) \cdot W_E\left(\frac{f}{d} x_0\right)\right] \cdot \exp\left[-j \frac{2\pi}{\lambda d} x_0 x_f\right] dx_0 \quad \dots (4)$$

【0047】ここでガウシアン振幅分布  $G(x_1)$  は  
 $G(x_1) = G_1 \exp(-\alpha x_1^2) \quad \dots (5)$

( $B$  は定数)

また、位相媒体による振幅変化  $U_p(x_0)$  は

$W(x_0)$  は位相媒体による波面収差で

【0048】

$U_p(x_0) = B \exp[j W(x_0)] \quad \dots (6)$

【数7】

$$W(x_0) = 2\pi(n-1) \cdot F(x_0) / \lambda$$

... (7)

【0049】で表される。ここで、 $n$  は位相媒体の屈折率、 $F(x_0)$  はうねりの形状を表す関数を表す。

【0050】(4) 式を見ると積分内部は、フーリエ変換の形となっている。(4) 式を手計算で解くのはかなり困難であるが、モデル 1 と同様に高速フーリエ変換 (FFT) の数値計算を用いれば良い。

【0051】また、結像面での点像分布関数 (PSF) を、 $PSF(x_f)$  とすると

$$PSF(x_f) = \|U_f(x_f)\|^2 \quad \dots (8)$$

となり (8) 式が像面におけるビームプロファイルとなる。

【0052】さらにスリットに入射する振幅分布関数について各々説明する。振幅分布関数は、(4) 式から、

40

スリットに到達するレーザの光量振幅分布  $G_1(x_1)$  とスリットを規定する  $\Pi(x_1/D)$ 、位相媒体による振幅変化  $U_p(x_1)$ 、位相媒体を除く光学系 (コリメータ等) により発生する残留波面収差  $W_E(x_1)$  からなる。

【0053】(2) ガウシアンビームの広がり度合いとスリット幅の関係

図 9 のようにレーザから発する光がコリメータを介してスリットに到達するとき、ガウシアン分布を持つレーザの振幅  $G_1(x_1)$  がスリット  $\Pi(x_1/D)$  によって、どのくらいケラレるかによって、評価しようとする像面における PSF 形状が異なってくる。

【0054】ここで

【0055】

7

【数8】

$$\Pi(x_1/D) = \begin{cases} 1 & (-D \leq x_1 \leq D) \\ 0 & (\text{それ以外}) \end{cases}$$

【0056】このため、ここでは gaussian ビームのけられ度合いも考慮しなければならない。(5)式における gaussian ビームの振幅分布関数  $G(x_1)$  は(9)式で表すことができる。

【0057】

$$G(x_1) = G_1 \cdot \exp(-\alpha \cdot x_1^2) \cdots (9) \quad 10$$

( $G_1$ : 光軸上での振幅値)

ここで  $\alpha$  は、レーザ光源からの光がコリメータを介してスリットに到達するレーザ光の振幅分布において、gaussian 分布の広がり度合いを表す定数であり、コリメータの開口数  $NA_{COL}$  とレーザの主走査方向の広がり角(ここでは半角とする)  $\theta_{LD}$ 、スリット幅  $2D$  で決まる。

【0058】コリメータの開口数  $NA_{COL}$  はコリメータの焦点距離を  $f_{COL}$  とすると、

$$NA_{COL} = D / f_{COL} \quad 20$$

で表すことができる。

【0059】また、レーザの広がり角  $\theta_{LD}$  は、gaussian 分布を持つ強度分布プロファイルの最大強度に対して  $1/e^2$  の角度と定義する。

【0060】この広がり角を開口数  $NA_{LD}$  で表現すると  $NA_{LD} = \sin(\theta_{LD}) \cdots (10)$  で表すことができる。

【0061】広がり角  $\theta_{LD}$  の定義は、強度分布に対して最大強度の  $1/e^2$  の角度と定義しているので振幅分布においては、最大振幅に対して  $1/e$  の位置での角度となる。これに対応するスリット上での位置  $x_{1LD}$  をもとめると

$$G_1(x_{1LD}) = 1/e$$

$$W(x_0) = 2\pi/\lambda \cdot (n-1)F(x_0)$$

【0072】で表すことができる( $n$ は位相媒体の屈折率)。ここで位相媒体の厚みは極めて薄いと仮定する。このためこのモデルにおいて、位相媒体の平行平板の効果としての波面収差及びバックフォーカス変化はな

$$\begin{aligned} U_p(x_0) &= \exp[iW(x_0)] \\ &= \exp[j2\pi/\lambda \cdot (n-1)F(x_0)] \end{aligned} \quad \cdots (12)$$

【0074】となる。

【0075】ここでは位相媒体のうねりの形状を正弦関数として考える。うねりの形状  $F(x_0)$  は

$$F(x_0) = a \sin \frac{2\pi}{T_p}(x_0 + \delta) \quad \cdots (13)$$

【0077】で表される図12は、図11のうねりを横にして見たときの正弦関数である。

8

となり、(9)式から

【0062】

【数9】

$$x_{1LD} = \pm \sqrt{1/\alpha}$$

【0063】となる。

【0064】このとき、図10から

【0065】

【数10】

$$D/\sqrt{1/\alpha} = NA_{COL}/NA_{LD}$$

【0066】の関係が成立する。

【0067】スリットによるレーザ光のけられ度合いは、コリメータの開口数  $NA_{COL}$  とレーザの発散角による開口数  $NA_{LD}$  の関係によって決まる。このためけられ度  $\varepsilon$  を導入して

$$\varepsilon = NA_{COL}/NA_{LD}$$

と定義すると

【0068】

【数11】

$$\varepsilon = D/\sqrt{1/\alpha}$$

【0069】となる。けられ度  $\varepsilon$  の値が小さいと、レーザから発する光のスリットによるケラレは大きくなり、けられ度  $\varepsilon$  が大きいとケラレは小さくなる。

【0070】(3)位相媒体の説明と実際の走査光学系のモデルとの対応

位相媒体のうねりの関数を  $F(x_0)$  として、この位相媒体により発生する波面収差を  $W(x_0)$  とすると、位相媒体のうねりと波面収差の関係は(7)式に示される様に

【0071】

【数12】

... (11)

い。そのため、位相媒体による振幅分布の変化は

【0073】

【数13】

【0076】

【数14】

... (13)

【0078】また、 $a$  はうねりの振幅、 $T_p$  はうねりのピッチ、 $\delta$  はうねりの光軸に対する位相を表す。また、

9

うねりのPV値は必然的に

$$PV = 2a \quad \dots (14)$$

実際に走査光学系においては図13で示す様に、ポリゴンミラーによりビームがスキャンされS4面にうねりが存在する時、ビームは周期的なうねりをほぼ等速に通過する。

【0079】この事項について上記モデルで考えると、図13のポリゴンミラーによる走査は、図14の位相媒体を光軸に対してシフトすることと等しいと考えることができる。

【0080】そしてうねりの周期 $T_p$ に対して、位相 $\delta = 0$  (A)の時のビームと、位相 $\delta = T_p/4$  (B)の時のビーム、位相 $\delta = T_p/2$  (C)の時のビームによるプロファイルの形状の違いが、黒筋となって現れることが推測される。

$$W_E(\rho) = SA \cdot (6\rho^4 - 6\rho^2 + 1) + CM(3\rho^2 - 2\rho^2) \quad \dots (15)$$

【0085】となる。 $\rho$ は瞳半径をノーマライズした値である。SAは球面収差のツェルニケ係数で、CMはコマ収差のツェルニケ係数である。また $SA_{rms}$ は球面収差のrms値、 $CM_{rms}$ はコマ収差のrms値とす

$$\left. \begin{array}{l} SA = \sqrt{5}SA_{rms} \\ CM = 2\sqrt{2}CM_{rms} \end{array} \right\} \quad \dots (16)$$

【0087】となる。

【0088】以上をふまえて(4)式、(8)式を解析する。

【0089】以下のシミュレーションにおいては、高速フーリエ変換を用いて数値解析を行った。また本シミュレーションにおいては、必要な結果はPSFビームプロファイルの各クリップレベルにおけるビーム径であるため、PSFは最大強度でノーマライズしてある。このため(4)式の定数A、(5)式の定数 $G_1$ 、(6)式の定数Bはそれぞれ1とした。

【0090】\*実施例シミュレーション

(1) 共通条件

主走査のみの議論とする。レンズは焦点距離 $f = 280$  mmで、位相媒体は像面から100 mmの位置に設ける。即ち、

- ・焦点距離 $f = 280$  mm (波長780 nm)
- ・位相媒体の位置は像面から100 mmの位置
- ・位相媒体の屈折率1.48595
- ・波長780 nm
- ・けられ度 $\varepsilon$ は前記の通り、コリメータレンズのNA( $_{col}$ )と、レーザの強度で $1/e^2$ での拡がり角によるNA( $_{ld}$ )により $NA_{(col)} / NA_{(ld)}$ で決まるが、レーザの拡がり角のばらつきを考慮して、3種類の値でシミュレーションを行う。

【0091】 $\varepsilon = 0.767$

$\varepsilon = 0.623$

10

【0081】(4) 残留波面収差

モデル2においてはより現実近づけるために、入射ビームに波面収差もせて考える。

【0082】実際の光学系においては、このシミュレーションでの入射ビームを作るコリメータ光学系に残留収差が存在し、また走査光学系内においても像高を持つと設計的なコマ収差が若干存在する。これらの残留収差が黒筋に影響を及ぼす可能性がある。

【0083】このモデルでは主走査方向でしか論じておらず、1次元であるので、波面収差としてコマ収差及び球面収差をのせる。波面収差を近似的にツェルニケ展開を1次元化した形とすると、

【0084】

【数15】

ると、

【0086】

【数16】

$\varepsilon = 1.000$

・本発明の強度分布変更手段が無い場合、ある場合を含めて、うねり(PV0  $\mu$ m)がなく残留収差もない(球面収差rms値=0  $\lambda$ 、コマ収差rms値=0  $\lambda$ 、 $\lambda = 780$  nm)状態で解像度を設定するため $1/e^2$  (13.5%)でのビーム径がけられ度 $\varepsilon = 0.767$ でほぼ60  $\mu$ mとなる様にスリットを設定する。

【0092】(2) シミュレーション法

シミュレーションは次に説明する①、②の順序でおこなった。

【0093】①レーザ拡がり角の中心値を想定してけられ度 $\varepsilon = 0.767$ に対して、本発明が無い状態と本発明の実施例での位相媒体のうねりのPV値及び、残留収差を0としたときクリップレベル $1/e^2$  (13.5%)におけるビーム径がほぼ60  $\mu$ mとなるように

【0094】

【数17】

$$\varepsilon = D \cdot \sqrt{\alpha}$$

【0095】から、スリット幅2Dとガウシアン係数 $\alpha$ をもとめる。

【0096】このスリット幅2Dと $\alpha$ に対して、条件で述べた3種類の $\varepsilon$ の値で位相媒体のうねりのPV及び残留収差の値が0となるときのシミュレーションをおこない、 $1/e^2$ でのビーム径を算出し、ビーム径のばらつきを見る。

【0097】②この状態で、レンズ面に存在する微妙な

11

うねりを想定したシミュレーションを行う。

【0098】レンズ面のうねりを想定した位相媒体の条件

・うねりのPV値：0.05 $\mu$ m（加工限界）  
 ・うねりの周期：位相媒体にあたる光束に対してうねり1.65周期分となるよう設定する。スリット幅2D=6mmで前記条件の場合、

$$T_p = d / f \cdot 2D / 1.65 \approx 1.3 \text{ mm}$$

・うねりの位相：0から2 $\pi$ まで1周期分  
 ・残留収差：LBPの場合LD及びコリメータ系に存在する収差及び、走査光学系で設計時から発生している収差を想定し、総括して残留収差を1次元的に波面収差rms値で設定する。（コマ収差、球面収差）

（3）強度分布変更手段がないときの場合

①スリット幅とガウシアン係数の決定

$\epsilon = 0.767$ で $1/e^2$ でのビーム径をほぼ60 $\mu$ mにするには、スリット幅の半値D=3mm、ガウシアン係数 $\alpha = 0.0653$

この結果

【0099】

【表1】

$\epsilon$	ビーム径( $\mu$ m)		
	13.5%	6%	4%
(a)0.767	61.2	70.1	73.7
(b)0.623	56.7	64.7	67.8
(c)1.000	71.0	82.0	86.6

【0100】となる。

【0101】②各けられ度 $\epsilon$ に対するPV0.05 $\mu$ mのうねり位相媒体を入れたときの、うねりの光軸に対する位相変化によるビーム径の変化を検証

・残留収差：球面収差rms=0.025 $\lambda$ 、コマrms=0.025 $\lambda$

・うねりの周期：Tp=1.3mm（位相媒体にあたる光束に対してうねり1.65周期分）

・うねりの位相：0から2 $\pi$ まで変化したときのビーム径変化を見る。

【0102】

結果 図15 (a)  $\epsilon = 0.767$

(b)  $\epsilon = 0.623$

(c)  $\epsilon = 1.000$

この結果、図15(a)、(b)のように $\epsilon$ の値が小さいとサイドロープの影響を受ける位相と受けない位相が存在し、クリップレベル6%でのビーム径変化は極端に大きくなっていることが分かる。これが印字において黒筋が発生すると考えられる。

【0103】 $\epsilon$ が大きくなると、図15(c)のようにサイドロープの影響は受けなくなり、クリップレベルが6%ではビーム径の変動は小さくなる。このため、けられ度 $\epsilon$ が小さい方が黒筋は発生しにくいことが分かる。

12

しかしながら、光源として半導体レーザを用いると、その拡がり角のばらつきがかなり大きく、レーザの拡がり角のばらつきにより、印字時に黒筋が発生することが分かる。

【0104】（4）強度分布変更手段の具体的実施例  
 強度分布変更手段の実施例として図16の①から④、図17の⑤、⑥の主走査方向における透過率分布を持つ計6種類の強度分布変更手段を用いた。

【0105】実施例1

実施例1は図16の①のような主走査方向の振幅透過率の強度分布変更手段で、光軸周辺の振幅透過率はほぼ100%で、主走査方向開口周辺では振幅透過率はほぼ50%となる。又、この強度分布変更手段の透過率分布は、主走査方向において、光軸周辺から開口周辺までリニアに下がる。

【0106】光軸を原点としたときの主走査方向の座標をxとし、強度分布変更手段の振幅透過率をT(x)

（単位：%）、開口の半径（あるいは開口の光軸から端部までの距離）をDとしたとき、強度分布変更手段の振幅透過率は、

$$T(x) = (1 - 0.5 \cdot x/D)$$

としている。

【0107】この強度分布変更手段を用いた場合の前記モデルを用いたシミュレーションを行って、効果の検証を行った。

【0108】シミュレーション検証

①スリット幅とガウシアン係数の決定

$\epsilon = 0.767$ で $1/e^2$ でのビーム径をほぼ60 $\mu$ mにするには、スリット幅の半値D=3.4mm、ガウシアン係数 $\alpha = 0.0509$

この結果

【0109】

【表2】

$\epsilon$	ビーム径( $\mu$ m)		
	13.5%	6%	4%
(a)0.767	61.0	70.8	74.8
(b)0.623	56.6	65.2	68.8
(c)1.000	70.3	82.3	87.6

【0110】となる。

【0111】②各けられ度 $\epsilon$ に対するPV0.05 $\mu$ mのうねり位相媒体を入れたときの、うねりの光軸に対する位相変化によるビーム径の変化を検証

・残留収差：球面収差rms=0.025 $\lambda$ 、コマrms=0.025 $\lambda$

・うねりの周期：Tp=1.5mm（位相媒体にあたる光束に対してうねり約1.65周期分）

・うねりの位相：0から2 $\pi$ まで変化したときのビーム径変化を見る。

【0112】



13

結果 図18 (a)  $\epsilon = 0.767$ (b)  $\epsilon = 0.623$ (c)  $\epsilon = 1.000$ 

図18 (a) から図18 (c) を見ても分かるように、クリップレベル6%のビーム径ではサイドロープによる影響は受けていない。強度分布変更手段が無い場合と比較すると、実施例1の強度分布変更手段を用いた場合の方が、サイドロープの影響を受けていないことが分かる。

【0113】図18 (a), (b) のように、けられ度  $\epsilon$  が小さい値 ( $\epsilon = 0.623$ ) で、強度分布変更手段を通過する前の光の主走査方向の光量分布が均一光量に近づくと、クリップレベル4%のビーム径でサイドロープの影響を受けているが、これはほとんど実際の画像には影響しない。但し、感度の高い感光体を使用する場合には影響を受ける場合があるので、この場合はクリップレベル4%でのビーム径変化はあまり影響を受けないレーザと感光体を用いることが望ましい。

## 【0114】実施例2

実施例2は図16の②のような主走査方向の振幅透過率の強度分布変更手段で、光軸周辺の振幅透過率はほぼ100%で、主走査方向開口周辺では振幅透過率はほぼ20%となる。又、この強度分布変更手段の透過率分布は、主走査方向において、光軸周辺から開口周辺までリニアに下がる。

【0115】光軸を原点としたときの主走査方向の座標を  $x$  とし、強度分布変更手段の振幅透過率を  $T(x)$

(単位: %)、開口の半径 (あるいは開口の光軸から端部までの距離) を  $D$  としたとき、強度分布変更手段の振幅透過率は、

$$T(x) = (1 - 0.8 \cdot x/D)$$

としている。

【0116】この強度分布変更手段を用いた場合の前記モデルを用いたシミュレーションを行って、効果の検証を行った。

## 【0117】シミュレーション検証

## ①スリット幅とガウシアン係数の決定

$\epsilon = 0.767$  で  $1/e^2$  でのビーム径をほぼ  $60 \mu m$  にするには、スリット幅の半値  $D = 3.9 mm$ 、ガウシアン係数  $\alpha = 0.0387$

この結果

## 【0118】

## 【表3】

$\epsilon$	ビーム径 ( $\mu m$ )		
	13.5%	6%	4%
(a) 0.767	60.5	70.9	75.5
(b) 0.623	56.5	65.9	70.0
(c) 1.000	68.4	80.9	86.5

【0119】となる。

14

【0120】②各けられ度  $\epsilon$  に対する  $PVO.05 \mu m$  のうねり位相媒体を入れたときの、うねりの光軸に対する位相変化によるビーム径の変化を検証

・残留収差: 球面収差  $rms = 0.025 \lambda$ 、コマ  $rms = 0.025 \lambda$

・うねりの周期:  $T_p = 1.7 mm$  (位相媒体にあたる光束に対してうねり約1.65周期分)

・うねりの位相: 0 から  $2\pi$  まで変化したときのビーム径変化を見る。

## 【0121】

結果 図19 (a)  $\epsilon = 0.767$ (b)  $\epsilon = 0.623$ (c)  $\epsilon = 1.000$ 

図19 (a) から図19 (c) を見ても分かるように、クリップレベル4%, 6%のビーム径ではサイドロープによる影響は受けていない。強度分布変更手段が無い場合と比較すると、実施例2の強度分布変更手段を用いた場合の方が、サイドロープの影響を受けていないことが分かる。

【0122】又、実施例2の強度分布変更手段は、クリップレベル4%でのビーム径でもサイドロープの影響を受けず、うねりの位相変化に対してあまり大きなビーム径変動はないため実施例1の強度分布変更手段に比べて黒筋が発生しにくい。

## 【0123】実施例3

実施例3は図16の③のような主走査方向の振幅透過率の強度分布変更手段で、光軸周辺の振幅透過率はほぼ100%で、主走査方向開口周辺では振幅透過率はほぼ50%となる。又、この強度分布変更手段の透過率分布は、主走査方向において、光軸周辺から開口周辺まで2次関数的に下がる。

【0124】光軸を原点としたときの主走査方向の座標を  $x$  とし、強度分布変更手段の振幅透過率を  $T(x)$

(単位: %)、開口の半径 (あるいは開口の光軸から端部までの距離) を  $D$  としたとき、強度分布変更手段の振幅透過率は、

$$T(x) = (1 - 0.5 \cdot (x/D)^2)$$

としている。

【0125】この強度分布変更手段を用いた場合の前記モデルを用いたシミュレーションを行って、効果の検証を行った。

## 【0126】シミュレーション検証

## ①スリット幅とガウシアン係数の決定

$\epsilon = 0.767$  で  $1/e^2$  でのビーム径をほぼ  $60 \mu m$  にするには、スリット幅の半値  $D = 3.35 mm$ 、ガウシアン係数  $\alpha = 0.0524$

この結果

## 【0127】

## 【表4】

15

$\epsilon$	ビーム径( $\mu\text{m}$ )		
	13.5%	6%	4%
(a)0.767	60.8	70.1	73.9
(b)0.623	56.6	65.0	68.4
(c)1.000	69.5	80.8	85.6

【0128】となる。

【0129】②各けられ度 $\epsilon$ に対するPV0.05 $\mu\text{m}$ のうねり位相媒体を入れたときの、うねりの光軸に対する位相変化によるビーム径の変化を検証

・残留収差：球面収差rms=0.025 $\lambda$ 、コマrms=0.025 $\lambda$

・うねりの周期：Tp=1.5mm（位相媒体にあたる光束に対してうねり約1.65周期分）

・うねりの位相 0から2 $\pi$ まで変化したときのビーム径変化を見る。

【0130】

結果 図20 (a)  $\epsilon=0.767$ (b)  $\epsilon=0.623$ (c)  $\epsilon=1.000$ 

図20(a), (b)のように、けられ度 $\epsilon$ が小さい値で、強度分布変更手段を通過する前の光の主走査方向の光量分布が均一光量に近づく、クリップレベル4%のビーム径でサイドロープの影響を受けている。又、けられ度 $\epsilon=0.623$ の場合、クリップレベル6%のビーム径でもサイドロープの影響を受けやすくなり、PV0.05 $\mu\text{m}$ のうねりの位相変化に対してビーム径の変動が大きくなっているが、強度分布変更手段が無い場合と比較すると、サイドロープによるビーム径への影響が少ない。

【0131】実施例4

実施例4は図16の④のような主走査方向の振幅透過率の強度分布変更手段で、光軸周辺の振幅透過率はほぼ100%で、主走査方向開口周辺では振幅透過率はほぼ20%となる。又、この強度分布変更手段の透過率分布は、主走査方向において、光軸周辺から開口周辺まで2次関数的に下がる。

【0132】光軸を原点としたときの主走査方向の座標をxとし、強度分布変更手段の振幅透過率をT(x)

(単位：%)、開口の半径（あるいは開口の光軸から端部までの距離）をDとしたとき、強度分布変更手段の振幅透過率は、

$$T(x) = (1 - 0.8 \cdot (x/D)^2)$$

としている。

【0133】この強度分布変更手段を用いた場合の前記モデルを用いたシミュレーションを行って、効果の検証を行った。

【0134】シミュレーション検証

①スリット幅とガウシアン係数の決定

$\epsilon=0.767$ で $1/e^2$ でのビーム径をほぼ60 $\mu\text{m}$

16

にするには、スリット幅の半値D=3.70mm、ガウシアン係数 $\alpha=0.0430$

この結果

【0135】

【表5】

$\epsilon$	ビーム径( $\mu\text{m}$ )		
	13.5%	6%	4%
(a)0.767	59.9	69.3	73.2
(b)0.623	56.3	64.9	68.5
(c)1.000	67.2	78.3	83.0

【0136】となる。

【0137】②各けられ度 $\epsilon$ に対するPV0.05 $\mu\text{m}$ のうねり位相媒体を入れたときの、うねりの光軸に対する位相変化によるビーム径の変化を検証

・残留収差：球面収差rms=0.025 $\lambda$ 、コマrms=0.025 $\lambda$

・うねりの周期：Tp=1.6mm（位相媒体にあたる光束に対してうねり約1.65周期分）

・うねりの位相：0から2 $\pi$ まで変化したときのビーム径変化を見る。

【0138】

結果 図21 (a)  $\epsilon=0.767$ (b)  $\epsilon=0.623$ (c)  $\epsilon=1.000$ 

図21(a)から図21(c)を見ても分かるようにクリップレベル6%のビーム径ではサイドロープによる影響は受けていない。強度分布変更手段が無い場合と比較すると、明らかなようにサイドロープの影響を受けていないことが分かる。

【0139】図21(b)のように、けられ度 $\epsilon$ が小さい値( $\epsilon=0.623$ )で、強度分布変更手段を通過する前の光の主走査方向の光量分布が均一光量に近づく、クリップレベル4%のビーム径でサイドロープの影響を受けている。この実施例も実施例1と同様にクリップレベル4%でのビーム径変化はあまり影響を受けないレーザと感光体を用いることが望ましい。

【0140】実施例5

実施例5は図17の⑤のような主走査方向の振幅透過率の強度分布変更手段で、光軸周辺の振幅透過率はほぼ100%で、主走査方向開口周辺では振幅透過率はほぼ50%となる。又、この強度分布変更手段の透過率分布は、主走査方向において、光軸周辺から開口周辺まで余弦的に下がる。

【0141】光軸を原点としたときの主走査方向の座標をxとし、強度分布変更手段の振幅透過率をT(x)

(単位：%)、開口の半径（あるいは開口の光軸から端部までの距離）をDとしたとき、強度分布変更手段の振幅透過率は、

【0142】

17

【数18】

$$T(x) = 0.25 \cdot (1 + \cos(\pi \cdot x/D)) + 0.5$$

【0143】としている。

【0144】この強度分布変更手段を用いた場合の前記モデルを用いたシミュレーションを行って、効果の検証を行った。

【0145】シミュレーション検証

①スリット幅とガウシアン係数の決定

$\epsilon = 0.767$ で $1/e^2$ でのビーム径をほぼ $60\mu m$ にするには、スリット幅の半値 $D = 3.50mm$ 、ガウシアン係数 $\alpha = 0.0480$

この結果

【0146】

【表6】

$\epsilon$	ビーム径( $\mu m$ )		
	13.5%	6%	4%
(a)0.767	61.1	71.0	75.2
(b)0.623	56.6	65.5	69.2
(c)1.000	70.2	82.3	87.7

【0147】となる。

【0148】②各けられ度 $\epsilon$ に対するPVO.  $0.5\mu m$ のうねり位相媒体を入れたときの、うねりの光軸に対する位相変化によるビーム径の変化を検証

・残留収差：球面収差 $rms = 0.025\lambda$ 、コマ $rms = 0.025\lambda$

・うねりの周期： $T_p = 1.5mm$ （位相媒体にあたる光束に対してうねり約1.65周期分）

・うねりの位相：0から $2\pi$ まで変化したときのビーム径変化を見る。

【0149】

結果 図22 (a)  $\epsilon = 0.767$ (b)  $\epsilon = 0.623$ (c)  $\epsilon = 1.000$ 

図22 (a) から図22 (c) を見ても分かるようにクリップレベル6%のビーム径ではサイドローブによる影響は受けていない。強度分布変更手段が無い場合と比較すると、明らかなようにサイドローブの影響を受けていないことが分かる。

【0150】図22 (b) のように、けられ度 $\epsilon$ が小さい値 ( $\epsilon = 0.623$ ) で、強度分布変更手段を通過する前の光の主走査方向の光量分布が均一光量に近づくと、クリップレベル4%のビーム径でサイドローブの影響を受けている。又、実施例1よりもPVO.  $0.5\mu m$ のうねりの位相変化に対してのビーム径変動への影響は少ない。この実施例も実施例1と同様、クリップレベル4%でのビーム径変化はあまり影響を受けないレーザと感光体を用いることが望ましい。

【0151】実施例6

実施例6は図17の⑥のような主走査方向の振幅透過率

18

の強度分布変更手段で、光軸周辺の振幅透過率はほぼ100%で、主走査方向開口周辺では振幅透過率はほぼ20%となる。又、この強度分布変更手段の透過率分布は、主走査方向において、光軸周辺から開口周辺まで余弦的に下がる。

【0152】光軸を原点としたときの主走査方向の座標を $x$ とし、強度分布変更手段の振幅透過率を $T(x)$

(単位：%)、開口の半径（あるいは開口の光軸から端部までの距離）を $D$ としたとき、強度分布変更手段の振幅透過率は、

【0153】

【数19】

$$T(x) = 0.4 \cdot (1 + \cos(\pi \cdot x/D)) + 0.2$$

【0154】としている。

【0155】この強度分布変更手段を用いた場合の前記モデルを用いたシミュレーションを行って、効果の検証を行った。

【0156】シミュレーション検証

①スリット幅とガウシアン係数の決定

20  $\epsilon = 0.767$ で $1/e^2$ でのビーム径をほぼ $60\mu m$ にするには、スリット幅の半値 $D = 4.10mm$ 、ガウシアン係数 $\alpha = 0.0350$

この結果

【0157】

【表7】

$\epsilon$	ビーム径( $\mu m$ )		
	13.5%	6%	4%
(a)0.767	61.2	72.0	76.7
(b)0.623	57.4	67.4	71.7
(c)1.000	68.4	80.7	86.2

【0158】となる。

【0159】②各けられ度 $\epsilon$ に対するPVO.  $0.5\mu m$ のうねり位相媒体を入れたときの、うねりの光軸に対する位相変化によるビーム径の変化を検証

・残留収差：球面収差 $rms = 0.025\lambda$ 、コマ $rms = 0.025\lambda$

・うねりの周期： $T_p = 1.8mm$ （位相媒体にあたる光束に対してうねり約1.65周期分）

・うねりの位相：0から $2\pi$ まで変化したときのビーム径変化を見る。

【0160】

結果 図23 (a)  $\epsilon = 0.767$ (b)  $\epsilon = 0.623$ (c)  $\epsilon = 1.000$ 

図23 (a) から図23 (c) を見ても分かるようにクリップレベル4%、6%のビーム径ではサイドローブによる影響は受けていない。強度分布変更手段が無い場合と比較すると、明らかにサイドローブの影響を受けていないことが分かる。又、本実施例の強度分布変更手段は

30

40

50

19

クリップレベル4%でのビーム径でもサイドロープの影響を受けず、うねりの位相変化に対してあまり大きなビーム径変動は無いため黒筋が発生しない。

【0161】以上の実施例に示した強度分布変更手段は、均一光量分布をもつ光束が通過したときに、その光束を位相分布変化のない所定の振幅分布を有する光束に変更できるものであれば良く、強度分布変更フィルタあるいは光学素子のコート膜で構成することができる。尚強度分布変更手段がフィルタである場合は、スリットと一体としてもよい。

【0162】

【発明の効果】請求項1に係わる発明の効果は、黒筋の発生を防止することができる。

【0163】請求項2に係わる発明の効果は、さらに配置も容易で光学系も簡単にできる。

【0164】請求項3に係わる発明の効果は、さらに部品点数を増やさずにすみ、光学配置の自由度が大きい。

【0165】請求項4に係わる発明の効果は、強度分布変更手段を簡単に作成でき、大量生産しやすい。

【0166】請求項5に係わる発明の効果は、黒筋発生 20 に対する許容幅が大きくなる。

【0167】このように本発明により、黒筋の発生を防止することができ、コスト的メリットが大きい走査光学系が提供されることとなった。

【図面の簡単な説明】

【図1】走査光学系の1例を示す図。

【図2】レンズ面の極微小うねり測定結果を示す図。

【図3】ビームプロファイルと各クリップレベルを示す図。

【図4】ビームプロファイルのレンズ面のうねりと各ク 30 リップレベルでの主走査測定値の図。

【図5】ビームプロファイルのレンズ面のうねりと各クリップレベルでの副走査測定値の図。

【図6】ビームプロファイルの別のレンズ面のうねりと各クリップレベルでの主走査測定値の図。

20

【図7】ビームプロファイルの別のレンズ面のうねりと各クリップレベルでの副走査測定値の図。

【図8】光学面のうねりがビームプロファイルに与える影響を解析するモデルの図。

【図9】レーザから発する光がコリメータを介してスリットに到達する図。

【図10】ガウシアン分布とスリットの図。

【図11】正弦関数のうねりを有する位相媒体の図。

【図12】図11のうねりを横にして見た図。

10 【図13】走査光学系のポリゴンミラーによるビームスキャンの図。

【図14】図13のビームスキャンによるビームプロファイルa, b, cの相当図。

【図15】各けられ度でのうねりの位相変化(0~2 $\pi$ )時のビーム径変化の図。

【図16】強度分布変更手段による①~④4種の透過率分布を示す図。

【図17】強度分布変更手段による⑤, ⑥2種の透過率分布を示す図。

【図18】実施例1によるビーム径変化の図。

【図19】実施例2によるビーム径変化の図。

【図20】実施例3によるビーム径変化の図。

【図21】実施例4によるビーム径変化の図。

【図22】実施例5によるビーム径変化の図。

【図23】実施例6によるビーム径変化の図。

【符号の説明】

a うねりの振幅

$\delta$  うねりの光軸に対する位相

D スリット幅の半値

L 理想レンズ

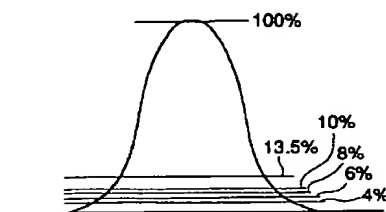
n 屈折率

P 位相媒体

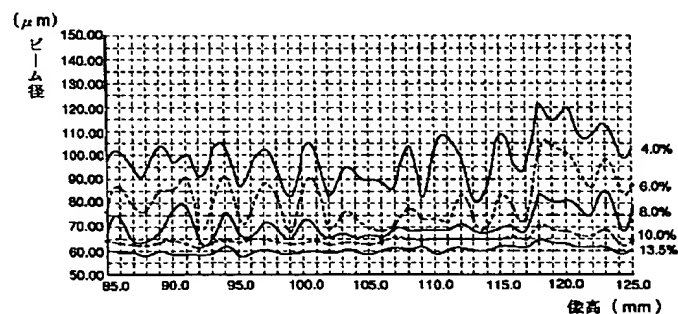
S スリット

T<sub>p</sub> うねりのピッチ

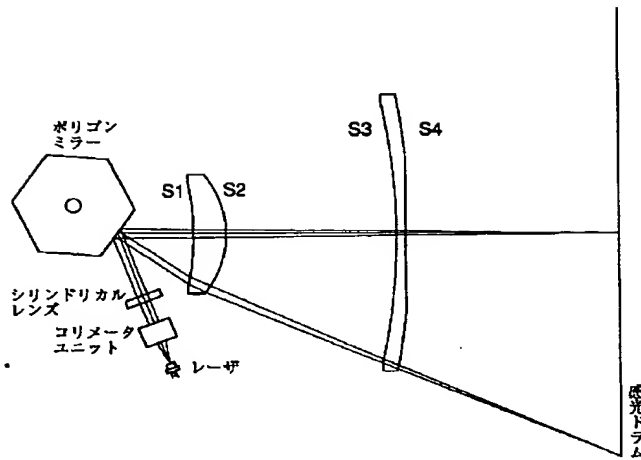
【図3】



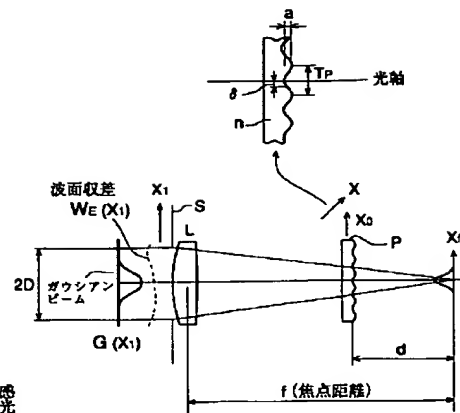
【図4】



【図1】

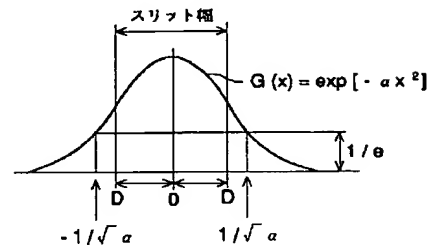
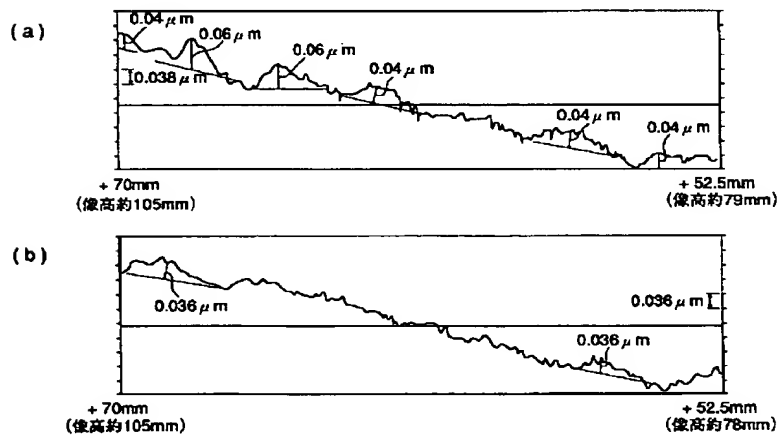


【図8】

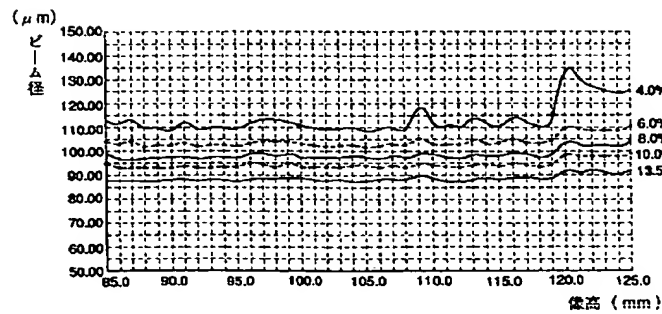


【図10】

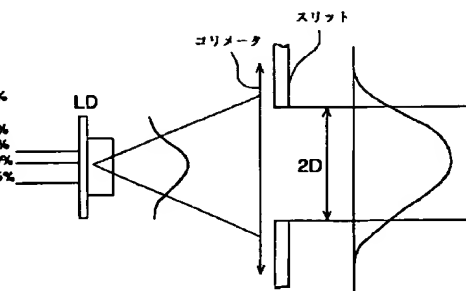
【図2】



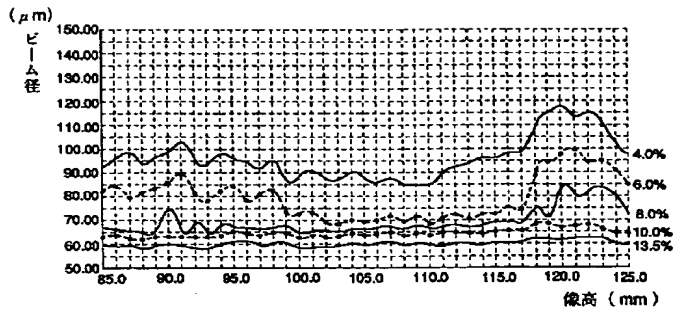
【図5】



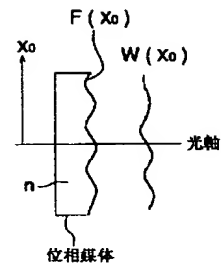
【図9】



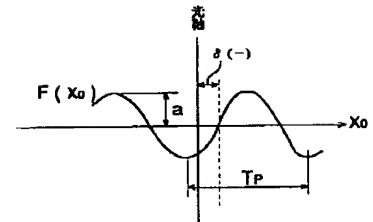
【図6】



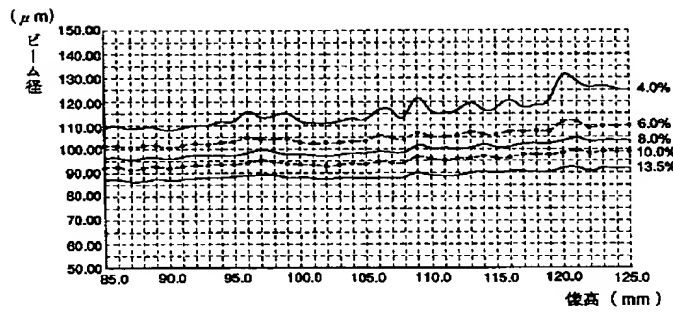
【図11】



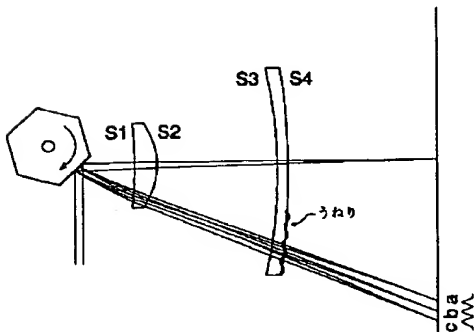
【図12】



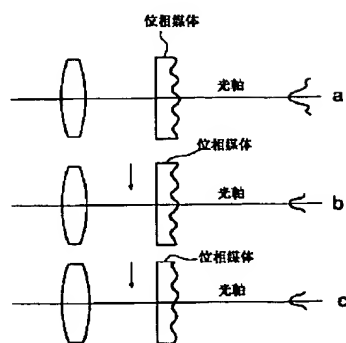
【図7】



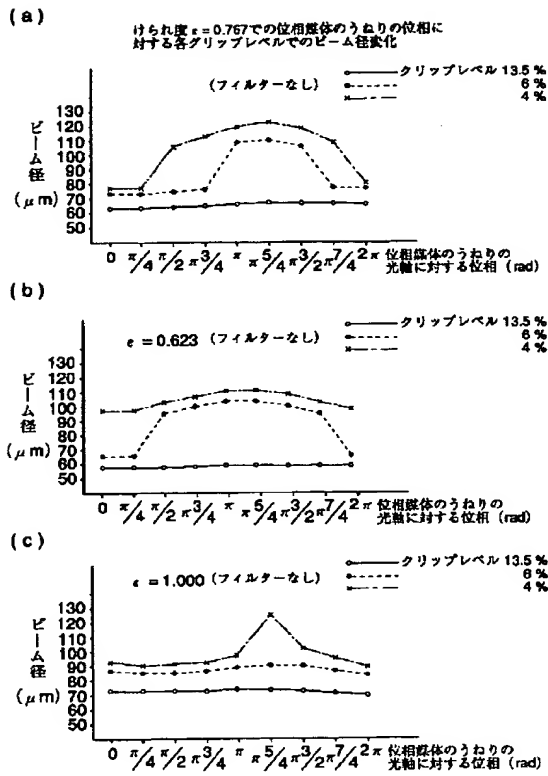
【図13】



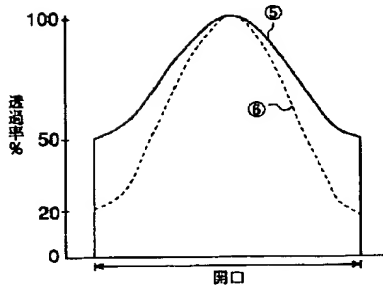
【図14】



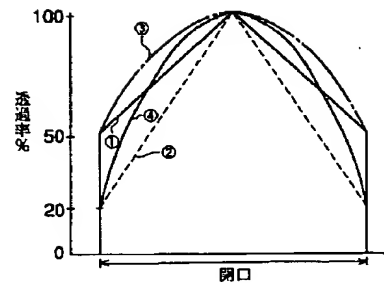
【図15】



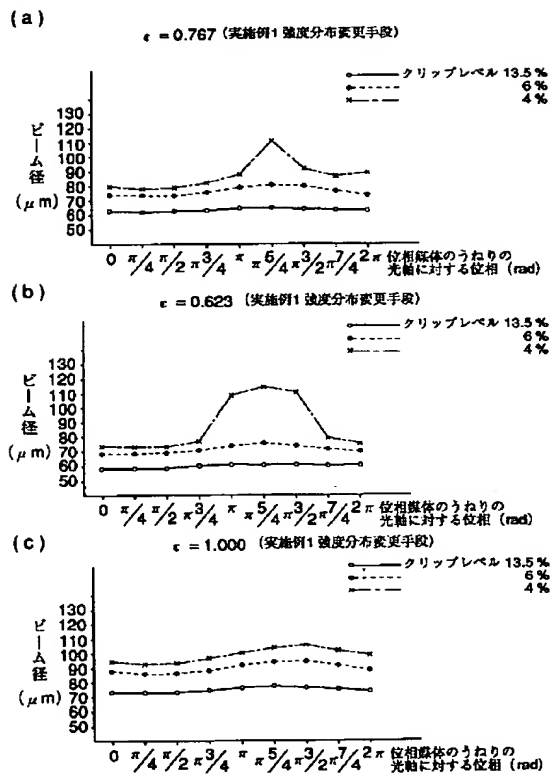
【図17】



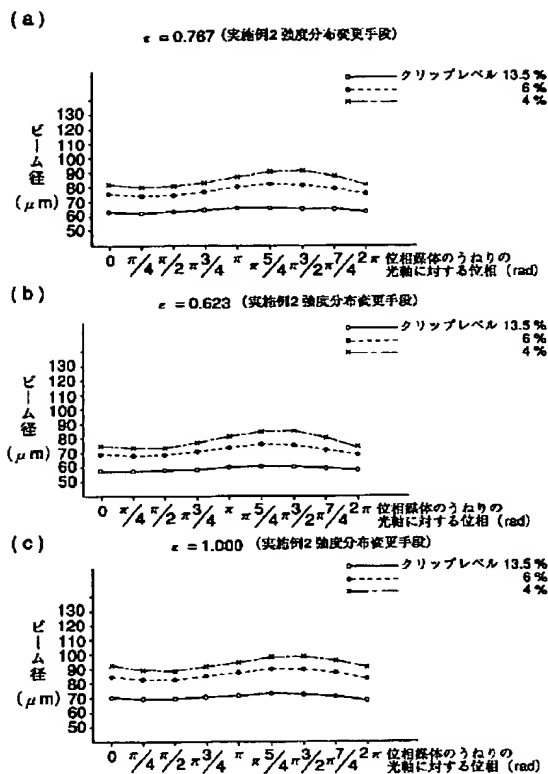
【図16】



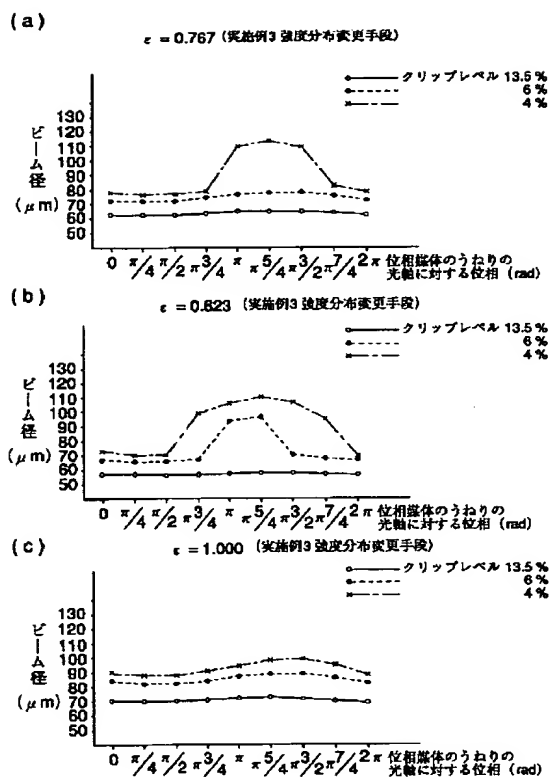
【図18】



【図19】

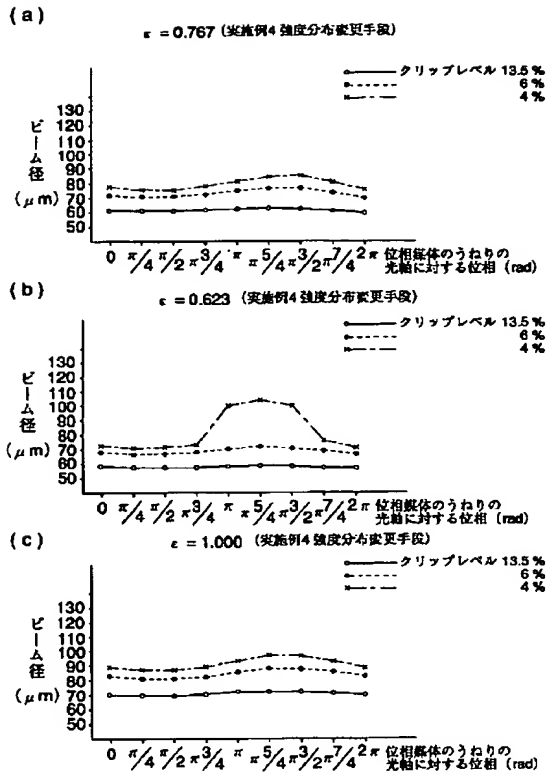


【図20】

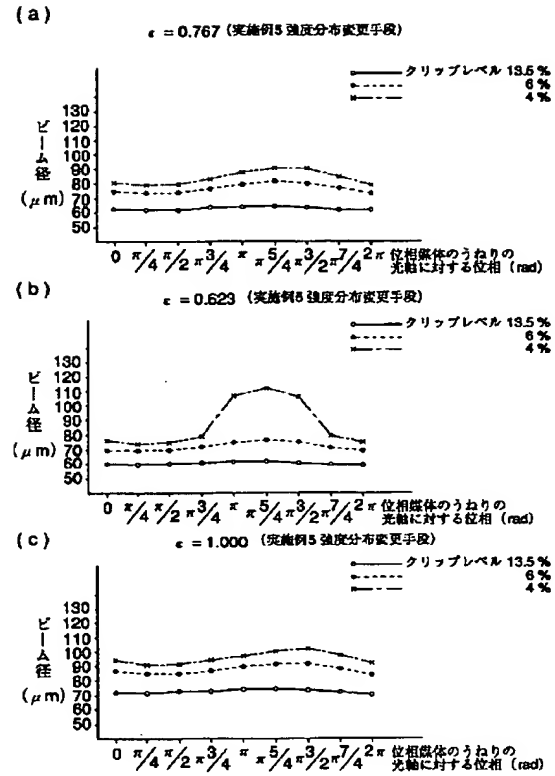




【図21】



【図22】



【図23】

